

УДК 553.982

ГЕОГРАФИЯ ВЫСОКОСМОЛИСТЫХ НЕФТЕЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук

Институт химии нефти, г. Томск

E-mail: src@ipc.tsc.ru

Изучено пространственное распределение мировых запасов высокосмолистых нефтей как важного источника углеводородного сырья в будущем. Показано, что треть нефтегазоносных бассейнов мира содержит запасы высокосмолистых нефтей. Почти две трети их мировых запасов находятся в Канаде. Около 90 % всех российских запасов высокосмолистых нефтей располагаются в трех бассейнах – Тимано-Печорском, Западно-Сибирском и Волго-Уральском, последний из которых содержит половину запасов высокосмолистых нефтей России. Высокосмолистые нефти по физико-химическим свойствам в среднем являются тяжелыми, высоковязкими, сернистыми, среднепарафинистыми и среднеасфальтенистыми.

Ключевые слова:

Высокосмолистая нефть, база данных, запасы, нефтегазоносный бассейн, месторождение, физико-химические свойства нефти.

Key words:

High resins oils, database, reserves, oil-bearing basins, deposit, physico-chemical properties.

Введение

Снижение запасов и объемов добычи «легких» нефтей в большинстве нефтедобывающих регионов мира вызывает в последнее время повышенный интерес к ресурсам трудноизвлекаемых нефтей, в первую очередь к добыче тяжелых и высоковязких нефтей [1–4]. Такие нефти имеют высокое содержание смол, что приводит к технологическим осложнениям как при добыче и транспортировке нефти, так и в процессах их переработки. Высокое содержание смол способствует образованию кокса в процессе нефтепереработки, что приводит к закоксовыванию поверхности катализаторов, вызывая большой экономический ущерб при нефтепереработке. Поэтому представляет интерес оценка ресурсов нефтей с высоким содержанием смол и ана-

лиз закономерностей их территориального размещения и особенностей их физико-химических свойств, что и определило цели настоящей работы.

География мировых ресурсов высокосмолистых нефтей

Высокосмолистыми нефтями (ВСН) принято считать [5] нефти с содержанием смол более 13 %. Основой для проведения исследований послужила информация о высокосмолистых нефтях из базы данных по физико-химическим свойствам нефтей [5–7], созданной и активно развиваемой в Институте химии нефти СО РАН. Для проведения анализа использован массив данных объемом 1636 образцов ВСН, основная часть которых приходится на территорию Евразии. Всего в базе данных (БД) содержит-

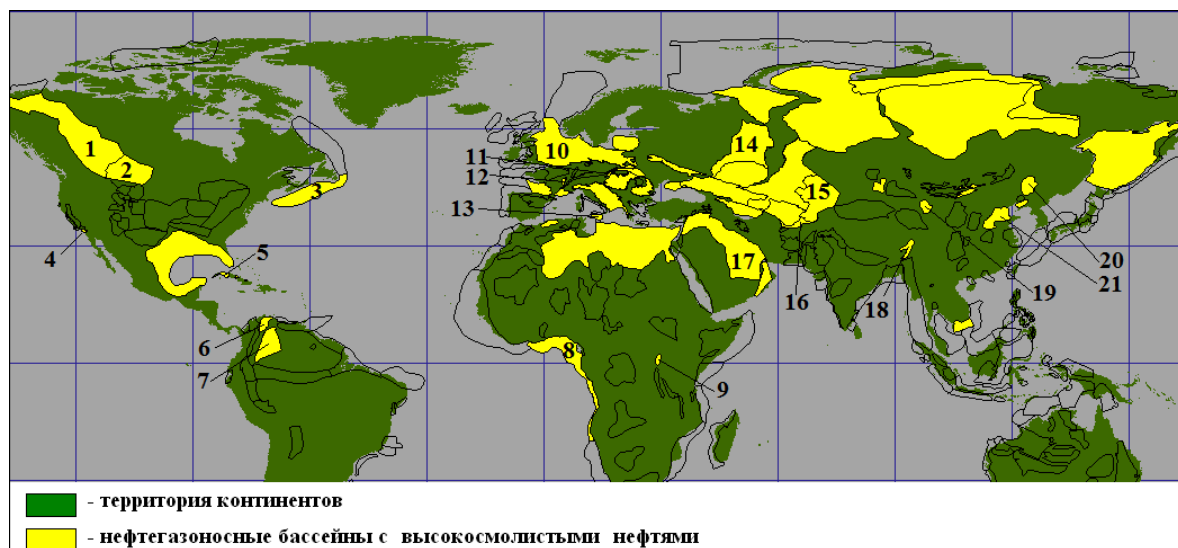


Рис. 1. Размещение нефтегазоносных бассейнов с высокосмолистыми нефтями. Обозначения: бассейны в Северной и Южной Америке – 1) Западно-Канадский; 2) Уиллистонский; 3) Новошотландский; 4) Лос-Анджелес; 5) Северо-Кубинский; 6) Маракайбский; 7) Баринас-Апуре; в Африке – 8) Гвинейского залива; 9) Альберта; в Евразии – 10) Центрально-Европейский; 11) Венский; 12) Ронский; 13) Сицилийский; 14) Волго-Уральский; 15) Афгано-Таджикский; 16) Каракумский; 17) Персидского залива; 18) Ассамский; 19) Преднанышаньский; 20) Сунляо; 21) Бохайский

ся информация о 609 месторождениях с высокосмолистыми нефтями на территории 50 нефтегазоносных бассейнов (НГБ). На рис. 1 представлена схема размещения бассейнов с ВСН, из которой видно, что абсолютное большинство бассейнов находится на территории Евразии (74 %), остальные – в Африке и Америке. Установлено, что самыми высокосмолистыми являются нефти Бохайского (Китай), Новошотландского (США) и Баринас-Апуре (Колумбия) бассейнов, в которых среднебассейновое содержание смол превышает 30 %. Всего 21 бассейн относится по среднебассейновому содержанию смол к классу ВСН, перечень которых приводится в подрисунковой подписи рис. 1.

Распределение ресурсов ВСН по странам мира представлено на рис. 2, из которого видно, что наибольшие запасы ВСН сосредоточены на территории Канады, четверть мировых запасов находится на территории России и около 5 % мировых запасов высокосмолистых нефтей находятся в Китае и Казахстане.

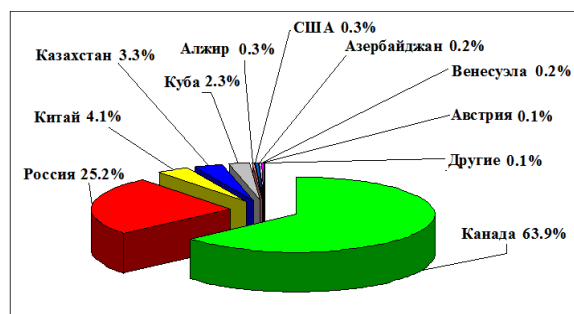


Рис. 2. Распределение запасов высокосмолистых нефтей по странам мира

Анализ регионального размещения российских запасов высокосмолистых нефтей

Всего на территории России находится 396 месторождений с высокосмолистыми нефтями. Наибольшая часть из них расположена в Волго-Уральском нефтегазоносном бассейне (ВУНГБ). Остальная часть месторождений высокосмолистых нефтей распределяется следующим образом: приблизительно 15 % из них относится к Западно-Сибирскому и Лено-Тунгусскому бассейнам, 7 % – к Северо-Кавказскому и Тимано-Печорскому бассейнам и около 1 % – в остальных НГБ.

Распределение запасов ВСН по нефтегазоносным бассейнам России представлено на рис. 3, из которого видно, что их запасы в ВУНГБ также наибольшие – почти 50 % общероссийских ресурсов высокосмолистых нефтей. Выделяется своими запасами и Западно-Сибирский бассейн (ЗСНГБ), в котором сосредоточено почти 1/3 российских ресурсов ВСН. Лено-Тунгусский и Тимано-Печорский (ТПНГБ) бассейны обладают почти одинаковыми ресурсами. Наименьшие запасы находятся в недрах Лено-Вилуйского и Северо-Кавказского бассейнов.

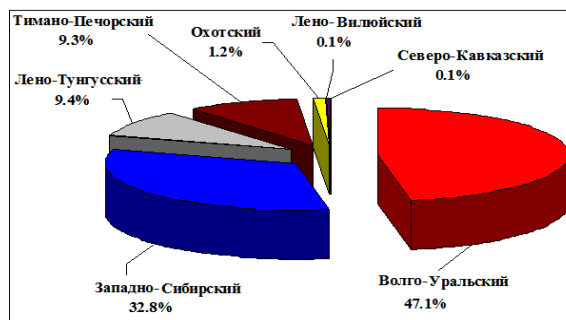


Рис. 3. Распределение запасов высокосмолистых нефтей по нефтегазоносным бассейнам России

Рассмотрим распределение месторождений с ВСН по объемам запасов нефти. Данные о распределении некоторых месторождений России с высокосмолистой нефтью по их запасам приведены в табл. 1, из которой видно, что наибольшие запасы ВСН находятся в уникальных месторождениях двух бассейнов – ВУНГБ и ТПНГБ. Общий объем запасов в этих месторождениях составляет около 88 % российских запасов ВСН.

В крупных по своим запасам месторождениях из Волго-Уральского, Западно-Сибирского, Лено-Тунгусского, Охотского и Тимано-Печорского бассейнов сосредоточено около 11 % российских ресурсов высокосмолистых нефтей. Заметим, что в Северо-Кавказском бассейне сосредоточены в основном мелкие и очень мелкие месторождения по запасам (табл. 1).

Как отмечено выше, основные запасы ВСН в России сосредоточены в ВУНГБ, ЗСНГБ и ТПНГБ. На территории Волго-Уральского бассейна 265 месторождений содержат высокосмолистые нефти, что составляет 36 % месторождений бассейна (725), представленных в БД. Следовательно, каждое третье месторождение характеризуется высоким содержанием смол в нефти. Из них выделяются 218 месторождений, в которых среднее содержание смол в нефти превышает пороговое значение 13 %. Установлено, что наибольшими запасами обладают месторождения Татарстана (Ромашкинское, Новоелховское, Степноозерское, Бавлинское, Новошешминское, Архангельское, Нурлатское и др.), Удмуртии (Вятское, Гремихинское, Чутырско-Киенгопское, Мишкинское и др.), Башкортостана (Новохазинское, Арланское, Николо-березовское, Юсуповское) и Пермского края (Чайкинское, Осинское, Павловское, Москудынское). Наиболее смолистыми в среднем являются нефти месторождений Татарстана, при этом особо выделяются Беркет-Ключевское, Екатериновское, Иглайкинское, Новосуксинское и Салаушское месторождения.

На территории ЗСНГБ наибольшими запасами ВСН обладают Ван-Еганское, Саянское, Северо-Комсомольское, Русское и Федоровское месторождения. Основой для этого вывода послужила информация из БД о западно-сибирских ВСН общим объемом 106 образцов из 52 месторожде-

Таблица 1. Распределение по запасам основных месторождений высокосмолистых нефтей России

Месторождение	Нефтегазоносный бассейн	Среднее значение содержания смол в нефти по месторождению, мас. %
Уникальные (более 300 млн т нефти)		
Ромашкинское	Волго-Уральский	16,93
Усинское	Тимано-Печорский	13,99
Новогазское	Волго-Уральский	19,90
Арланское	Волго-Уральский	20,51
Ярегское	Тимано-Печорский	37,24
Крупные (от 30 до 300 млн т нефти)		
Наульское	Тимано-Печорский	14,26
Николоберезовское	Волго-Уральский	20,30
Вятское	Волго-Уральский	18,31
Юсуповское	Волго-Уральский	20,50
Новоелховское	Волго-Уральский	19,78
Гремихинское	Волго-Уральский	22,05
Средне-Ботубинское	Лено-Тунгусский	16,92
Айяунское	Западно-Сибирский	22,35
Чутырско-Киенгопское	Волго-Уральский	17,17
Усть-Балыкское	Западно-Сибирский	13,84
Охинское	Охотский	13,18
Радаевское	Волго-Уральский	16,69
Степноозерское	Волго-Уральский	30,80
Якушкинское	Волго-Уральский	13,80
Мишкинское	Волго-Уральский	22,77
Бавлинское	Волго-Уральский	14,93
Торавейское	Западно-Сибирский	15,70
Осинское	Волго-Уральский	15,58
Новошешминское	Волго-Уральский	60,00
Архангельское	Волго-Уральский	20,65
Нурлатское	Волго-Уральский	20,05
Павловское	Волго-Уральский	16,72
Москудынское	Волго-Уральский	25,06
Средние (от 3 до 30 млн т нефти)		
Лабоганское	Тимано-Печорский	17,44
Хасырейское	Тимано-Печорский	13,92
Катанглинское	Охотский	13,36
Султангулово-Заглядинское	Волго-Уральский	17,34
Южно-Торавейское	Тимано-Печорский	23,40
Озеркинское	Волго-Уральский	15,40
Красноярское	Волго-Уральский	21,86
Авралинское	Волго-Уральский	18,30
Уйгелкутское	Охотский	14,50
Мелкие (от 1 до 3 млн т нефти)		
Новосуксинское	Волго-Уральский	29,80
Тарханское	Волго-Уральский	20,78
Зыбза-Глубокий Яр	Северо-Кавказский	17,15
Кудако-Киевское	Северо-Кавказский	21,60
Абино-Украинское	Северо-Кавказский	17,22
Очень мелкие (менее 1 млн т нефти)		
Холмское	Северо-Кавказский	14,24
Крымское	Северо-Кавказский	14,02
Тукачевское	Волго-Уральский	28,28
Курган-Амурское	Северо-Кавказский	14,75
Ахтырско-Бугундырское	Северо-Кавказский	16,75
Котовское	Волго-Уральский	14,83
Северо-Крымское	Северо-Кавказский	17,48
Кура-Цеце	Северо-Кавказский	17,16
Азовское	Северо-Кавказский	17,63
Варандейское	Тимано-Печорский	14,59
Саитовское	Волго-Уральский	18,28
Павлова Гора	Северо-Кавказский	22,82
Седьягинское	Тимано-Печорский	14,70

ний с ВСН, представляющих 7 % месторождений этого бассейна (728). Месторождения с ВСН размещены в основном в центральной части Западно-Сибирского бассейна. Более половины месторождений расположено в Ханты-Мансийском АО, а четвертая часть — в Тюменской области. Выявлено 17 месторождений, в которых среднее содержание смол в нефти превышает значение 13 %, самыми смолистыми являются нефти месторождений Олень в Томской области, Северо-Сургутского, Айяунского и Ереминского — в Тюменской области и Ханты-Мансийском АО.

В Тимано-Печорском бассейне находится около 10 % общероссийских ресурсов ВСН. Нефти уникальных по своим запасам тимано-печорских месторождений Усинское и Ярегское отличаются высоким содержанием смол. Всего на территории бассейна выделяются 23 месторождения с ВСН, что составляет 1/5 общего количества тимано-печорских месторождений. Месторождения с ВСН размещены в основном в южной и восточной частях бассейна. В республике Коми и Ненецком АО почти равное количество месторождений с ВСН: 10 и 11 месторождений соответственно. Выявлено, что в 19 месторождениях среднее содержание смол в нефти превышает значение 13 %. По среднему содержанию смол наиболее смолистой оказалась нефть из Ярегского, Сидоровского, Гансберговского, Южно-Торавейского, Лемьюского и Нибельского месторождений.

Анализ физико-химических свойств высокосмолистых нефтей

В табл. 2 приведена общая характеристика информации из БД о физико-химических свойствах высокосмолистых нефтей на территории России и, в частности, Западно-Сибирского, Волго-Уральского и Тимано-Печорского бассейнов. Заметим, что доверительные интервалы в табл. 2 определены для вероятности 95 %.

На территориях рассматриваемых бассейнов высокосмолистые нефти отличаются по своим физическим и химическим свойствам. Анализ данных табл. 2 показал, что наименьшее содержание смол имеют высокосмолистые нефти ЗСНГБ. Установлено также, что они наименее тяжелые и наименее вязкие по сравнению с нефтями Волго-Уральского и Тимано-Печорского бассейнов.

Западно-сибирские ВСН имеют наименьшее содержание серы, смол и асфальтенов, а волго-уральские нефти — наибольшее. В высокосмолистой нефти ЗСНГБ содержание парафинов, наоборот, является наибольшим. Выявлено, что ВСН Западно-Сибирского бассейна отличаются от волго-уральских и тимано-печорских ВСН большим содержанием фракций с началом кипения (н.к.) 300 и 350 °С и газа в нефти, но меньшим содержанием кокса. Следовательно, чем меньше смол в нефти (на примере западно-сибирских ВСН), тем меньшую плотность и вязкость, меньшую концентрацию серы, асфальтенов, кокса, но большее со-

Таблица 2. Физико-химические свойства высокосмолистых нефтей основных бассейнов России

Показатели	Нефти ВУНГБ			Нефти ЗСНГБ			Нефти ТПНГБ		
	Объем выборки	Среднее значение	Доверительный интервал	Объем выборки	Среднее значение	Доверительный интервал	Объем выборки	Среднее значение	Доверительный интервал
Физические показатели									
Плотность, г/см ³	844	0,8988	0,002	96	0,8879	0,005	46	0,9028	0,012
Вязкость, мм ² /с	636	73,63	13,22	41	48,75	15,31	11	2804,11	1953,31
Содержание химических компонентов									
Серы, мас. %	820	2,74	0,07	94	1,38	0,09	34	1,51	0,23
Парафинов, мас. %	685	4,07	0,11	100	4,13	0,94	23	2,19	1,01
Смол, мас. %	865	20,97	0,51	106	17,67	0,88	52	20,57	2,42
Асфальтенов, мас. %	829	5,25	0,25	104	2,64	0,39	49	4,72	0,81
Фракция н.к. 200 °С, мас. %	254	18,36	0,94	27	17,12	2,32	6	10,48	8,77
Фракция н.к. 300 °С, мас. %	181	33,42	1,08	25	33,97	3,49	3	23,50	18,77
Фракция н.к. 350 °С, мас. %	203	37,18	1,41	24	42,58	6,11	4	28,00	14,60
Газосодержание в нефти, м ³ /т	253	30,53	3,36	17	44,30	4,99	2	22,20	0,39
Содержание кокса, мас. %	509	6,83	0,20	23	5,32	0,64	4	8,53	3,46

держание дизельных фракций, твердых парафинов и газа имеют эти нефти.

Отметим, что нефти ТПНГБ являются самыми тяжелыми и самыми вязкими. Вязкость тимано-печорских нефтей в 57 раз выше вязкости нефтей ЗСНГБ и в 38 раз – волго-уральских нефтей. Тимано-печорские ВСН отличаются от волго-уральских и западно-сибирских высокосмолистых нефтей также тем, что имеют наименьшее содержание фракций н.к. 200, 300 и 350 °С, газа в нефти и характеризуются высоким содержанием кокса. В частности, содержание фракции н.к. 350 °С в тимано-печорской высокосмолистой нефти меньше на 30 % ее содержания в нефтях ЗСНГБ.

Как видно из табл. 2, особенностью волго-уральских ВСН является то, что содержание серы и парафинов в них практически в 2 раза выше их содержания в ВСН Тимано-Печорского бассейна, а содержание смол на 16 % и асфальтенов в 2 раза выше содержания смол и асфальтенов в западно-сибирских ВСН. Содержание фракций н.к. 200 и 300 °С в волго-уральских ВСН на 43 и 30 % соответственно больше, чем в высокосмолистых нефтях ТПНГБ.

Проведенный сравнительный анализ физико-химических свойств общемировых и российских высокосмолистых нефтей показал, что эти нефти как в России, так и в мире в среднем являются согласно классификации [5] тяжелыми

(0,88...0,92 г/см³), высоковязкими (35...500 мм²/с), сернистыми (1...3 %), среднепарафинистыми (1,5...6 %), асфальтенистыми (3...10 %), имеют сравнительно низкое содержание фракции н.к. 200 °С (менее 20 %) и содержание фракции н.к. 300 °С от 25 до 50 %. Однако российские ВСН оказываются в среднем менее тяжелыми и менее вязкими, с меньшим содержанием парафинов, смол, асфальтенов, кокса, но имеют большее содержание серы, фракций н.к. 200 и 300 °С и газа в нефти.

Заключение

Исследовано распределение мировых ресурсов нефти с высоким содержанием смол. Показано, что количество нефтегазоносных бассейнов, на территории которых есть высокосмолистые нефти, составляет примерно 1/3 общего их числа. Установлено, что более 63 % мировых ресурсов высокосмолистых нефтей сосредоточено на территории Канады. Наибольшие запасы российских высокосмолистых нефтей (до 50 %) находятся на территории Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна.

По физико-химическим свойствам высокосмолистые нефти в среднем являются тяжелыми, высоковязкими, сернистыми, среднепарафинистыми, среднеасфальтенистыми, имеют низкое содержание фракций н.к. 200 и 300 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дорохин В.П., Палий А.О. Состояние и перспективы добычи тяжелых и битуминозных нефтей в мире // Нефтепромышленное дело. – 2004. – № 5. – С. 47–50.
- Гаврилов В.П. Концепция продления «нефтяной эры» России // Геология нефти и газа. – 2005. – № 1. – С. 53–59.
- Запивалов Н.П. Геолого-технологические особенности освоения трудноизвлекаемых запасов // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 6. – С. 57–59.
- Максотов Р., Орлов Г., Осипов А. Освоение запасов высоковязких нефтей в России // Технологии ТЭК. – 2005. – № 6. – С. 36–40.
- Полищук Ю.М., Яценко И.Г. Физико-химические свойства нефтей: статистический анализ пространственных и временных изменений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 109 с.
- Ан В.В., Козин Е.С., Полищук Ю.М., Яценко И.Г. База данных по химии нефти и перспективы ее применения в геохимических исследованиях // Геология нефти и газа. – 2000. – № 2. – С. 49–51.
- Полищук Ю.М., Яценко И.Г. Геоэкономический анализ распределения нефтей по их физико-химическим свойствам // Геоинформатика. – 2004. – № 2. – С. 18–28.

Поступила 27.08.2010 г.